UEBER

MESSUNGEN DER DIELECTRICITÄTSCONSTANTEN DER DÄMPFE UND UEBER DIE MOSSOTTI-CLAUSIUS'SCHE THEORIE DER DIELECTRICA.

INAUGURAL-DISSERTATION

DER HOHEN

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN FACULTÄT

DER

KAISER-WILHELMS-UNIVERSITÄT STRASSBURG

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VORGELEGT

VON

PETER LEBEDEW

AUS MOSKAU (RUSSLAND).

LEIPZIG,

JOHANN AMBROSIUS BARTH.

1891.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

https://archive.org/details/IA41542727_0074

Einleitung.

Ueber die Dielectricitätsconstanten der Dämpfe liegen bisher nur Messungen von Klemenčič[1]) vor, welcher nach einer Methode gearbeitet hat, die sich als vortheilhaft für niedrigsiedende Körper erwies.

Der Zweck der nachfolgenden experimentellen Untersuchung war, eine Methode auszuarbeiten, welche sich auf Dämpfe hochsiedender Körper anwenden lassen würde, und sie an der Bestimmung der Dielectricitätsconstanten einiger Dämpfe zu prüfen.

Der Gedanke lag nahe, nach einer Beziehung zu suchen, welche die gefundenen Dielectricitätsconstanten der Dämpfe mit den bekannten Dielectricitätsconstanten derselben Körper im flüssigen Zustande verbindet: eine solche ergibt sich aus der zuerst von Mossotti, dann von Clausius auf Grundlage der Ideen Faraday's ausgearbeiteten Theorie der dielectrischen Polarisation. Unter gewissen Voraussetzungen hat Clausius die Beziehung gefunden, welche die relative Raumerfüllung der Körper mit ihrer Dielectricitätsconstante verbindet; da eine experimentelle Prüfung dieser Beziehung noch nicht vorliegt, habe ich sie an der Hand des vorliegenden Beobachtungsmaterials in der zweiten Hälfte dieser Abhandlung durchzuführen versucht.

Der experimentelle Theil umfasst:

§ 1. Die Methode.
§ 2. Die Apparate.
§ 3. Die auftretenden Fehler.
§ 4. Die Resultate der Messungen.
§ 5. Ueber mögliche Veränderungen der Methode.

1) J. Klemenčič, Wien. Ber. (2) **91.** p. 712. 1885; Exner's Rep. **21.** p. 571. 1885; Beibl. **10.** p. 109. 1886.

Der theoretische Theil (§ 6) enthält die Prüfung der Mossotti-Clausius'schen Theorie.

Es sei mir hier gestattet, Hrn. Prof. Dr. F. Kohlrausch für die Unterstützung und das Interesse, welches er meiner Arbeit stets zu Theil werden liess, meinen herzlichen Dank auszusprechen.

§ 1. Die Messmethode.

Die Dielectricitätsconstanten der Dämpfe wurden aus Capacitätsmessungen ermittelt, indem zwei nahe gleiche Condensatoren miteinander verglichen wurden, von denen der eine constante Capacität hatte, während im anderen einmal Luft, das andere Mal Dampf das Dielectricum bildete.

Bezeichnen wir durch C' resp. C'' die Capacitäten des zweiten Condensators, wenn dieser mit Luft, resp. Dampf gefüllt ist, und durch K' resp. K'' die Dielectricitätsconstanten der Luft, resp. des Dampfes, so ist:

$$\frac{K''}{K'} = \frac{C''}{C'}. \tag{1}$$

Das Verhältniss der Condensatorcapacitäten wurde nach einer abgeänderten Methode von Hopkinson[1]) bestimmt.

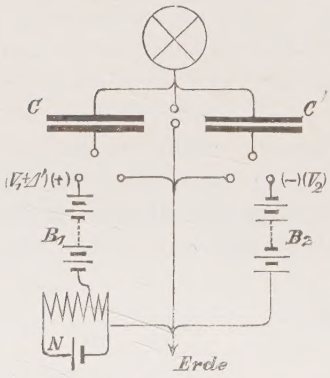

Fig 1.

Es wurde in folgender Weise verfahren (vgl. Fig. 1).

Die inneren Belegungen der Condensatoren, welche dauernd miteinander und mit dem Electrometer verbunden sind, werden zur Erde abgeleitet und dann die äusseren Belegungen zu den Potentialen $+(V_1 + \Delta')$ resp. $-(V_2)$ geladen; hierin bedeuten V_1 und V_2 die Potentiale der beiden Batteriezweige B_1 und B_2 und Δ' diejenige electromotorische Kraft, welche dem $(+)$Zweige durch Einschalten einer entsprechenden Strecke des Widerstandes, durch welchen ein Hülfselement N geschlossen ist, hinzugefügt wird.

1) Hopkinson, Proc. Roy. Soc. of Lond. **26.** p. 298. 1877; Beibl. **1.** p. 565. 1877.

Hierauf wird die Erdleitung zu den inneren Belegungen unterbrochen und dann jede äussere Belegung von der Batterie getrennt und zur Erde abgeleitet: dann wird das Electrometer im allgemeinen einen Ausschlag geben.

Wählen wir Δ' so, dass das Electrometer in Ruhe bleibt, so sind die Electricitätsmengen, welche in beiden Condensatoren (mit den Capacitäten C und C') inducirt waren, einander entgegengesetzt gleich:

$$C(V_1 + \Delta') - C' V_2 = 0,$$

$$\frac{C'}{C} = \frac{V_1 + \Delta'}{V_2}. \tag{2}$$

Aus zwei beobachteten Ausschlägen des Electrometers für Δ_1' und Δ_2' lässt sich Δ' in bekannter Weise interpoliren.

Da es bei den Messungen der Dielectricitätsconstanten der Dämpfe darauf ankommt, das Verhältniss (2) bis auf Bruchtheile von einem Zehntausendstel zu ermitteln und eine solche Constanz der Batterie für eine mehrstündige Versuchsdauer nicht vorauszusetzen ist, so ist es nothwendig, die Batteriezweige zu vertauschen, um von den Schwankungen ihrer electromotorischen Kraft unabhängig zu sein, was bei annähernder Gleichheit der Zweige und der Condensatoren bequem ausführbar ist.

Bezeichnen wir mit Δ'_+ resp. Δ'_- die dem (+) Zweige der Batterie hinzugefügten electromotorischen Kräfte, wenn der constante Condensator C positiv, resp. negativ geladen wird, so folgt aus (2):

$$\frac{C'}{C} = \frac{V_1 + \Delta'_+}{V_2} = \frac{V_2}{V_1 + \Delta'_-}$$

$$\left(\frac{C'}{C}\right)^2 = \frac{V_1 + \Delta'_+}{V_1 + \Delta'_-}. \tag{3}$$

Bei jeder Füllung des Condensators müssen für die Bestimmung der Werthe Δ'_+ und Δ'_- je zwei Ablesungen und für den Nullpunkt des Electrometers eine gemacht werden. Will man sich von zufälligen Einstellungsfehlern des Electrometers befreien, so muss man die Beobachtungsreihe wiederholen; da bei starker Schwankung der Zimmertemperatur der Nullpunkt des empfindlichen Electrometers langsam wandert und das Verhältniss der Batteriezweige sich stetig verändert,

ist es zweckmässig, die Beobachtungsreihe in umgekehrter Folge zu wiederholen; waren die Ablesungen in gleichen Zeitintervallen gemacht, so fallen die durch allmähliche zeitliche Veränderungen der Batterieen und des Electrometers auftretenden Fehler heraus. Bei den angestellten Versuchen gab eine zweimalige Wiederholung der beschriebenen Doppelreihe 20 Einzelablesungen, aus denen die Grössen Δ'_+ und Δ'_- berechnet wurden.

Ist der variable Condensator mit Luft gefüllt, so ist seine Capacität C', wie sie sich aus den Grössen C, V_1 und Δ'_+ und Δ'_- nach (3) ergibt. Ist er mit Dampf gefüllt, so ist seine Capacität C'' und die entsprechenden Grössen C, V_1 und Δ''_+ und Δ''_-. Das gesuchte Verhältniss (1) lässt sich demnach schreiben:

$$(4) \qquad \frac{K''}{K'} = \frac{C''}{C'} = + \sqrt{\frac{(V_1 + \Delta''_+)}{(V_1 + \Delta''_-)} \cdot \frac{(V_1 + \Delta'_-)}{(V_1 + \Delta'_+)}}.$$

Berücksichtigen wir, dass in (4) V_1 gross ist gegenüber den anderen Grössen, so folgt die Beziehung:

$$(5) \qquad K'' = K' \left[1 + \frac{(\Delta''_+ - \Delta''_-) - (\Delta'_+ - \Delta'_-)}{2 V_1} \right].$$

Hierin ist die auf den leeren Raum = 1 bezogene Dielectricitätsconstante der Luft K' aus den Messungen von Boltzmann[1]) und Klemenčič[2]) bekannt.

Als Einheit der electromotorischen Kraft diente ein Normalelement der Batterie; dann ist das Potential $V_1 = n$, wo n die Anzahl der Elemente des Batteriezweiges bedeutet.

§ 2. Die Apparate.

1) Die Versuchsanordnung und die Wippe. Die bei den Capacitätsmessungen vorkommenden Umschaltungen wurden von einer Wippe besorgt, welche in Fig. 2 schematisch dargestellt ist.

In ein leichtes Brettchen, dessen Länge ca. 27 cm beträgt, und welches an einer harten Feder R befestigt ist, sind mit Schellack isolirt, die Platinstifte P_1, P_2, S_1 und S_2 eingesetzt, die paarweise miteinander und durch feine biegsame Leiter L_1

1) L. Boltzmann, Wien. Ber. (2) **69.** p. 812. 1874; Pogg. Ann. **155.** p. 403. 1875; G. Wiedemann, Electr. **2.** p. 50. 1883.

2) J. Klemenčič, l. c. p. 736.

und L_2 mit den äusseren Belegungen der Condensatoren C_1 und C_2 verbunden sind; der Metallstift T ist durch den biegsamen Leiter L_3 zur Erde abgeleitet.

Das Brettchen kann in die Lage $\alpha\alpha$ gebracht werden und wird dort durch eine Hemmung (die in der Figur weggelassen ist) festgehalten; ein leiser Druck löst die Hemmung und das Brettchen schwingt in die Lage $\beta\beta$ und schnappt dort ein.

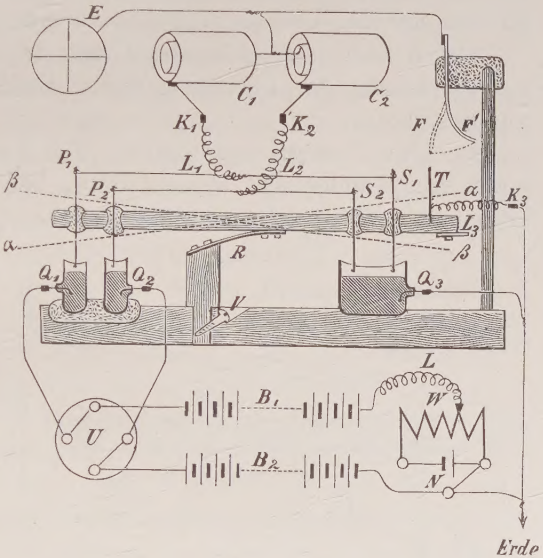

Fig. 2.

Bringt man das Brettchen in die Lage $\alpha\alpha$, nachdem man die Feder F' nach F gebracht hat, so werden die äusseren Belegungen der Condensatoren C_1 resp. C_2 durch L_1 resp. L_2, P_1 resp. P_2, die durch Schellack isolirten Quecksilbernäpfchen Q_1 resp. Q_2 und durch den Umschalter U mit den Batteriezweigen B_1 resp. B_2 verbunden; die inneren Belegungen und das Electrometer E werden durch die Feder F, den Stift T und die Leitung L_3 zur Erde abgeleitet.

Lässt man das Brettchen nach $\beta\beta$ hinüberschwingen, so tritt in der Nähe der Gleichgewichtslage Folgendes ein: zuerst werden die inneren Belegungen mit dem Electrometer von der Erde getrennt dadurch, dass die Feder F den Stift T verlässt und in die Lage F' hinausschwingt; dann werden die äusseren Belegungen von der Batterie getrennt und schliesslich durch die Stifte S_1 und S_2 und durch den Quecksilbernapf Q_3 zur Erde abgeleitet. Das Brettchen schwingt weiter und schnappt in der Lage $\beta\beta$ ein.

Der Umschalter U gestattet die Batteriezweige B_1 und B_2 miteinander auszuwechseln. Durch Abzweigen eines durch einen

grossen Widerstand W geschlossenen Normalelementes N konnte das Potential des Zweiges B_1 um Bruchtheile eines Elementes verändert werden.

Das Brettchen der Wippe machte 14 ganze Schwingungen in 1 Sec. bei einer ersten Amplitude von 25 mm; die beschriebene Umschaltung ging bei einer Verschiebung um 3 mm vor sich und die Umschaltung dauerte weniger als 0,002 Sec.

Durch Lösen der Schraube V und der Klemmen K_1, K_2 und K_3 konnte das Brettchen behufs Reinigung der Wippe entfernt werden.

2) Der Dampfcondensator (Fig. 3). Die Flüssigkeit, deren Dampf untersucht werden sollte, befand sich in einem Tropfgefässe T, welches mittelst der Quecksilberdichtung Q auf dem Rohre R aufsass; die Flüssigkeit tropfte in die Glasröhre R und gelangte so in das Messingrohr W ($d = 2{,}5$ cm, $l = 60$ cm), welches, nach E. Wiedemann[1]), mit Kupferspähnen gefüllt war; sowohl das Rohr W, als auch der Glasmantel M, in welchem sich der Condensator befand, wurden durch den Dampfmantel DD auf eine (durch drei Thermometer controlirte) Temperatur von 100° C. oder 125° C. erhitzt; im ersten Falle diente Wasser, im zweiten Amylalkohol als Heizflüssigkeit.

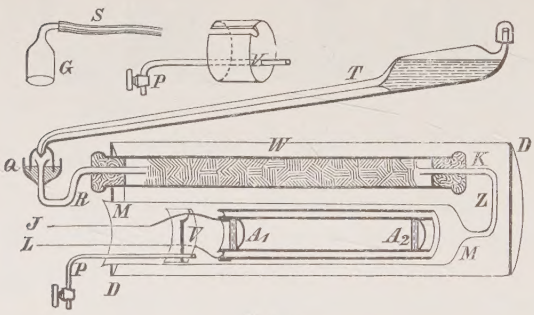

Fig. 3.

In W verdampfte die zu untersuchende Flüssigkeit und ihr Dampf erwärmte sich bis zu der Temperatur des Bades; durch das Zuleitungsrohr Z, welches mittelst eines Kautschukstopfens K im Rohre W befestigt war, gelangte der Dampf in den Glasmantel MM, wo sich der Condensator befand.

Der Condensator bestand aus zwei concentrischen, stark vernickelten Messingröhren (äusserer Durchmesser des inneren

1) E. Wiedemann, Pogg. Ann. **157**. p. 3. 1876.

$d_1 = 2{,}5$ cm, innerer Durchmesser des äusseren $d_2 = 2{,}9$ cm, Länge $l = 49$ cm), welche durch vier Quarzplättchen voneinander isolirt waren: diese Quarzplättchen waren nach Tegetmeier und Warburg[1]) parallel zur optischen Axe geschnitten.

Da das innere Rohr durch zwei Asbestpfropfen A_1 und A_2 geschlossen und das Lumen zwischen dem äusseren und dem Glasmantel durch Watte ausgefüllt war, musste der Dampf zwischen den Condensatorbelegungen strömen.

Damit die Dämpfe, welche erheblich schwerer sind als Luft, nicht nur den unteren Theil des Condensators füllen, wurde eine Messingvorlage V verwendet (sie ist in Fig. 3 oben vergrössert perspectivisch dargestellt); ist das Rohr P durch einen Hahn geschlossen, so kann der Dampf nur durch die oben angebrachte Austrittsöffnung entweichen und muss also zuerst den ganzen Condensator füllen. Durch diese Austrittsöffnung ging auch die Zuleitung J, ein harter Kupferdraht, zu dem inneren Condensatorcylinder, während die Zuleitung L zu dem äusseren Cylinder an der Glaswand lag.

Durch passende Neigung des Tropfgefässes T konnte die Tropfenzahl, also auch die Dampfgeschwindigkeit im Condensator regulirt werden.

Sollte der Dampf durch Luft ersetzt werden, so wurde das Tropfgefäss T entfernt und an seine Stelle die Glocke G gesetzt, welche durch den Schlauch S und zwischengeschaltete Filtrir- und Trockenapparate mit einem Luftgasometer in Verbindung stand: ein constanter Luftstrom konnte beliebig lange durchgeleitet werden und durch das Rohr P wurden mittelst einer Saugpumpe die schwereren Dämpfe abgesaugt.

3) Der Vergleichscondensator war ein Luftcondensator und bestand aus zwei concentrischen Messingröhren, deren Durchmesser dieselben waren, wie bei dem Dampfcondensator; das äussere Rohr war jedoch länger ($L = 60$ cm), das innere hingegen kürzer ($l = 45$ cm) und war vom ersten durch Schellackplättchen isolirt. Im inneren Cylinder befand sich eine Messingröhre (Durchmesser $d = 2$ cm), welche mehr oder weniger herausgezogen werden konnte; dadurch konnte die Capacität dieses Vergleichscondensators etwas verändert werden.

---

1) F. Tegetmeier u. E. Warburg, Wied. Ann. **32.** p. 444. 1887.

Vor Beginn der Versuche wurde derselbe so regulirt, dass seine Capacität um wenige Tausendstel grösser war, als die des Dampfcondensators, wenn letzterer mit Luft und kleiner, wenn er mit Dampf gefüllt war.

4) Die zwei Batterieen bestanden aus je 100 Clarkelementen. 190 davon waren nach dem Modell von Hrn. Prof. Quincke[1]) hergestellt; jedes Element hatte einen Widerstand von 100 bis 130 Ohm, sodass jeder Batteriezweig einen inneren Widerstand von 10000 bis 13000 Ohm aufwies.

10 Elemente hatten die übliche grössere Form und konnten einzeln mit dem geschlossenen Normalelement nach der Compensationsmethode electrometrisch verglichen werden.

In derselben Weise wurden dann je 10 Elemente der Batterie mit den 10 calibrirten Elementen verglichen.

Die relative Aenderung der electromotorischen Kraft der Batterietheile belief sich in drei Monaten auf weniger als fünf Tausendstel.

5) Das Normalelement, auf welches die Spannung der Batterie zurückgeführt wurde, war ein Clarkelement von kleinem inneren Widerstande; es wurde während der Versuchsdauer durch einen Widerstand von 10000 Ohm geschlossen, was die electromotorische Kraft in keiner merklichen Weise beeinflusste.

Im Verlaufe der Untersuchung war das Element im ganzen nicht weniger als 100 Stunden geschlossen und zeigte zum Schlusse eine Abnahme von weniger als fünf Tausendstel, ein Betrag, um welchen sich auch die nichtgeschlossenen Elemente gegeneinander verändert hatten.

Ein Umschalter gestattete den einen oder den anderen Pol des Elementes zur Erde abzuleiten; durch einen Stöpsel konnte eine passende electromotorische Kraft abgezweigt werden.

6) Das Electrometer war ein Mascart'sches, dessen Nadel durch eine Trockensäule geladen wurde und dessen eines Quadrantenpaar zur Erde abgeleitet war.

Für ein Clarkelement gab das Electrometer einen einseitigen Ausschlag von über 600 Scalentheilen. Bei Conden-

1) G. Quincke, Verhandl. d. Naturforschervers. zu Bremen. Abth. 2. p. 53. Leipzig 1890.

satorladungen gab eine Differenz von 0,1 Element des ladenden Batteriezweiges einen Ausschlag von 20 bis 25 Scalentheilen; somit war eine Aenderung der Capacität um weniger wie 0,0001 nachweisbar.

Die Zuleitungen zum Electrometer und zur Wippe befanden sich in metallischen, zur Erde abgeleiteten Hüllen.

7) Ein Schaltbrett bestand aus Quecksilbernäpfchen, welche auf Schellackstäbchen standen; es gestattete, die gewünschten Verbindungen (vgl. § 3) rasch und sicher herzustellen.

8) Bei den Thermometern, welche die Temperatur des Dampfbades angaben, wurden die Siedepunkte bestimmt.

9) Das Barometer war ein Fortin'sches.

§ 3. Die Fehlerquellen und ihre Untersuchung.

Die zu messende „Electrisirungszahl" der Dämpfe betrug $(K'' - 1) < 0{,}01$ und deshalb erschien die Bestimmung der Condensatorcapacität bis auf $\pm 0{,}0_3 1$ als erwünscht. Eine entsprechende Empfindlichkeit der Messung lässt sich durch Vergrösserung des ladenden Potentials einerseits und durch gesteigerte Empfindlichkeit des Electrometers andererseits erreichen; die auftretenden Fehlerquellen können jedoch die angestrebte Genauigkeit erheblich beeinträchtigen und müssen deshalb sorgfältig untersucht werden.

Die Fehlerquellen zerfallen in: 1) zufällige, 2) Isolationsstörungen, 3) zeitlich-veränderliche und 4) constante.

1) Zufällige Fehler.

a. Die Ablesungsfehler (Electrometer, Thermometer und Barometer); sie waren bei den gemachten Untersuchungen weit unter der geforderten Fehlergrenze und konnten keinen Einfluss ausüben.

b. Die Verunreinigung der verwendeten Flüssigkeiten konnte nur minimal sein; ihr Luftgehalt würde auch keinen wesentlichen Einfluss ausüben können.

c. Eine Erschütterung der Batterie oder der Condensatoren kann erhebliche Störungen verursachen und muss deshalb sorgfältig vermieden werden.

d. Die Oberfläche des Quecksilbers in den Näpfen

der Wippe musste immer blank sein; bei unreiner Oberfläche gab das Electrometer unbestimmt veränderliche Einstellungen.

2) Isolationsstörungen, soweit sie nicht den Dampfcondensator betrafen, konnten immer nur zufällige sein. Im Dampfcondensator hing die Isolation von dem durchgeleiteten Dampfe ab: während in Luft die Ladung minutenlang ohne Verlust gehalten wurde, ist es mir nicht gelungen, bei Wasserdampf eine genügende Isolation herzustellen (stundenlanges Kochen der Quarzblättchen in destillirtem Wasser hatte nur wenig Erfolg). Die Dämpfe von Benzol, Toluol und Aethyläther zeigten keinen merklichen Einfluss auf die Isolation, hingegen die anderen untersuchten Dämpfe in verschiedenem Maasse.

Welchen Einfluss diese Isolationsstörungen auf das Resultat ausüben, wird weiter unten erörtert; hier sollen ihre Untersuchungen besprochen werden.

a. Die Isolation der Zuleitungen, der inneren Belegungen und des Electrometers für kleinere Spannungen wurde dadurch geprüft, dass man, nachdem die äusseren Condensatorbelegungen zur Erde abgeleitet waren, durch Berühren der Feder F' (siehe Fig, 2) mit dem Finger, das System auf ca. $^1/_2$ Volt lud und die Abnahme des Ausschlages des Electrometers beobachtete.

b. Die Isolation der Condensatoren gegen hohe Spannungen (ca. 150 Volt) wurde untersucht, indem man die inneren Belegungen zur Erde ableitete, die äusseren mit der Batterie verband und dann die inneren von der Erde isolirte: die Nadel des Electrometers musste bei vollkommener Isolation in Ruhe bleiben; andernfalls begann die Nadel sich zu bewegen und ging nach einiger Zeit über die Scala. Damit bei der Capacitätsbestimmung während der Umschaltung durch die Wippe (also in 0,002 Sec.) das Electrometer durch Leitung einen Ausschlag von weniger als 1 Scalenth. bekam, musste bei diesem Versuche der Gang der Nadel weniger als 1 Scalenth. in 0,002 Secunden oder weniger als 500 Scalenth. pro Secunde sein, was auch immer erfüllt war.

c. Die Isolation der äusseren Condensatorbelegungen gegen die Erde sollte so gut sein, dass die Verbindung mit der Batterie die electromotorische Kraft der letzteren um weniger als

$0{,}0_3 1$ ihres Gesammtbetrages, oder, bei 100 Elementen, um weniger als 0,01 Element beeinflusst. Dazu wurden die beiden Batteriezweige durch ein Verbindungsstück mit gleichnamigen Polen gegeneinander geschaltet; der freie Pol der einen Batterie wurde zur Erde abgeleitet, der der anderen mit dem Electrometer verbunden: das Electrometer gab einen constanten Ausschlag, der von der Ungleichheit der beiden Batterieen herrührte (weniger als 0,2 Element); wurde nun das Verbindungsstück beider Batterieen mit der äusseren Belegung eines Condensators verbunden und beeinträchtigte dies die Spannung der zur Erde abgeleiteten Batterie, so änderte sich dementsprechend der Ausschlag des Electrometers. Es wurde immer gefunden, dass der Normalcondensator keinen Einfluss ausübte und der Dampfcondensator einen solchen von weniger wie 0,002 Element.

3) Fehler, welche durch zeitliche Veränderungen der Apparate hervorgebracht werden. Hierher gehören alle Aenderungen, welche durch nicht weiter controlirbare Ursachen hervorgebracht werden und während einer Versuchsdauer von $3^1/_2$ bis 4 Stunden vor sich gehen.

a. Wie die Aenderung der electromotorischen Kraft der Batteriezweige und die Verschiebung des Nullpunktes des Electrometers durch passende Anordnung der Beobachtungen eliminirt werden, ist in § 1 besprochen.

b. Die Schwankungen der electromotorischen Kraft des Normalelementes wurden controlirt, indem das letztere nach der electrometrischen Compensationsmethode mit zwei willkürlich gewählten Elementen der Batterie während der Versuchsdauer mehrmals verglichen wurde; die Schwankungen standen unterhalb der Beobachtungsfehler (ca. 0,002).

c. Durch Schwankungen der Temperatur des Dampfbades wird die Capacität des Dampfcondensators, welcher sich ungleich ausdehnen kann, verändert; die Versuche ergaben für das Intervall von 20° C. bis 100° C. eine Capacitätsänderung von $0{,}0_1 5$ pro 1° C. Da die Temperatur gewöhnlich nur um wenige Zehntelgrad schwankte, so war dieser Fehler zu vernachlässigen. Ein directer Einfluss der Schwankung des Luftdruckes auf die Dichte des untersuchten Dampfes ist zu vernachlässigen.

d. Vergleicht man verschiedene Capacitätsbestimmungen einer Versuchsreihe, so findet man Abweichungen durchschnittlich von $\pm 0{,}0_3 2$, was sich zum Theil durch starke Schwankungen der Zimmertemperatur, welchen der Normalcondensator ausgesetzt war, erklären lässt. Um den Apparat nicht erheblich complicirter zu machen, musste ich auf ein Bad für den Normalcondensator verzichten.

Noch grössere Schwankungen, über $\pm 0{,}001$, wie sie bei Aethylformiat und Aethylpropionat vorkamen, müssen als zufällige angesehen werden.

4) Constante Fehlerquellen. Hierunter lassen sich diejenigen Fehlerquellen zusammenfassen, welche den Apparaten eigen sind und sich nicht eliminiren lassen. Von diesen hat Klemenčič[1]) besonders hervorgehoben: 1) die Absorption der Dämpfe durch die Metallbelegungen des Condensators, wodurch die Entfernung zwischen diesen verkleinert wird und 2) das constante, von dem Dielectricum des Condensators unabhängige Inductionsvermögen des Isolationsmittels, welches die beiden Belegungen an gewissen Stellen trennt. Bei meinen Versuchen war die Temperatur mindestens 20° C. höher als der Siedepunkt der untersuchten Flüssigkeit und die Entfernung der Condensatorbelegungen ca. 2 mm; andererseits waren die Quarzplättchen so klein gewählt, dass sie weniger als ein Tausendstel des Zwischenraumes zwischen den Condensatorbelegungen einnahmen. Diese Fehlerquellen wären also zu vernachlässigen. Ausser diesen treten noch zwei andere auf.

a. Bei der Verdrängung des Dampfes durch Luft (oder umgekehrt) lässt es sich nicht vermeiden, dass der Dampf (resp. Luft) in kleineren Quantitäten zurückbleibt, welcher Fehler die Dielectricitätsconstante zu klein ausfallen lässt.

Bei den Versuchen wurde vor Beginn der Messungen das 30 bis 100-fache Volumen des Vorwärmers *W* (siehe Fig. 3) von Luft (resp. Dampf) durchgeleitet, und es wurde angenommen, dass dann die Verunreinigung weniger als 1 Proc. betrug.

b. Die grösste Fehlerquelle war jedoch die für einige Dämpfe mangelhafte Isolation des Dampfcondensators. Die durch Leitung während der Umschaltung auf die inneren Be-

1) J. Klemenčič, l. c. p. 720.

legungen übergehende Electricitätsmenge war verhältnissmässig wenig störend; da jedoch die Leitung eine electrolytische war, trat nach der Entladung Polarisation auf und beeinflusste die Ausschläge des Electrometers: die Nadel stellte sich nicht fest ein, sondern verschob sich langsam. Bei Benzol, Toluol und Aethyläther waren diese Verschiebungen unmerklich, bei den anderen Dämpfen lagen sie unter 5 Scalenth. in 30 Secunden, während welcher Zeit die Einstellung des Electrometers abgelesen wurde; dadurch wurde die Capacität des Dampfcondensators um weniger als $0{,}0_3 2$ unsicher bestimmt.

Bei Aethylpropionat waren die Einstellungen des Electrometers unsicherer; bei Wasserdampf waren die Schwankungen der Electrometerausschläge so gross, dass keine Messung gemacht werden konnte.

Die Vermeidung dieser Fehlerquelle würde sich jedoch (vgl. § 5) nur durch wesentliche Umänderungen des Dampfcondensators erzielen lassen.

§ 4. Die Dielectricitätsconstanten einiger Dämpfe.

Die Flüssigkeiten, deren Dämpfe untersucht wurden, waren von C. F. Kahlbaum in Berlin bezogen; die mit einem Sternchen * bezeichneten dienten früher Hrn. Tereschin für seine Untersuchungen, die anderen waren frisch geliefert.

Die Messungen ergaben das Verhältniss der Dielectricitätsconstante des Dampfes zu der der Luft bei der Temperatur des Dampfcondensators und dem herrschenden Luftdrucke.

Die Dielectricitätsconstante K' der Luft ist nach Boltzmann[1]) und Klemenčič[2]) $K' = 1{,}0_3 59$ bei 760 mm und 0° C.; beachtet man, dass die Grösse $(K - 1)$ der Dichte des Gases proportional ist, so ergibt sich die Dielectricitätsconstante der Luft bei 760 mm

bei 0° C.	$K' = 1{,}0_3 59$,
„ 100 „	„ $= 1{,}0_3 43$,
„ 120 „	„ $= 1{,}0_3 41$,
„ 126 „	„ $= 1{,}0_3 40$.

1) L. Boltzmann, l. c. p. 812.
2) J. Klemenčič l. c. p. 736.

Mit Hülfe dieser Werthe für Luft wurden die Dielectricitätsconstanten der Dämpfe berechnet und auf 760 mm Druck reducirt.

Als Beispiel mögen hier zwei Beobachtungsreihen aus der Versuchsreihe Nr. 14 angeführt werden. In der nachfolgenden Tabelle bedeuten: R' die Ruhelage des Electrometers, E_1', E_2', E_3' und E_4' seine Einstellungen nach der Entladung der Condensatoren, welche den electromotorischen Zusatzkräften Δ'_{1+}, Δ'_{1-}, Δ'_{2+} und Δ'_{2-} entsprechen (vgl. § 1); aus diesen können dann die Grössen Δ'_+ und Δ'_- interpolirt werden. Das gleiche gilt auch für die doppeltgestrichelten Werthe.

Luft. $T = 100^0$ C. $B = 764$ mm.

	R'	Δ'_{1+}	E_1'	Δ'_{1-}	E_2'	Δ'_{2+}	E_3'	Δ'_{2-}	E_4'
$4^h\ 45^m$	474	±0,0	472	+0,3	476	+0,1	451	+0,4	451
4 55	476	„	73	„	77	„	49	„	53
4 56	478	„	76	„	81	„	54	„	58
5 04	81	„	81	„	81	„	53	„	62
Mittelw.	477	±0,0	475	+0,3	479	+0,1	452	+0,4	456

Aethylalkohol. $T = 100^0$ C. $B = 764$ mm.

	R''	Δ''_{1+}	E_1''	Δ''_{1-}	E_2''	Δ''_{2+}	E_3''	Δ''_{2-}	E_4''
$6^h\ 04^m$	492	+0,5	511	−0,2	478	+0,6	492	−0,3	501
6 13	495	„	12	„	84	„	92	„	04
6 14	495	„	14	„	80	„	91	„	05
6 22	97	„	15	„	82	„	92	„	07
Mittelw.	495	+0,5	513	−0,2	481	+0,6	492	−0,3	504

(Die Pfeile geben die Reihenfolge der Beobachtungen an).

Es ergeben sich:

Aus E_1' und E_3' $\quad \Delta'_+ = -0{,}009$,
„ E_2' „ E_4' $\quad \Delta'_- = +0{,}309$,
„ E_1'' „ E_3'' $\quad \Delta''_+ = +0{,}586$,
„ E_2'' „ E_4'' $\quad \Delta''_- = -0{,}261$.

Nach der Formel (5) lässt sich die Dielectricitätsconstante K'' des Dampfes berechnen, indem wir $K' = 1{,}0_3 43$ setzen und berücksichtigen, dass die Anzahl der Elemente des ladenden Batteriezweiges $n = 90$ war:

$$K'' = K'\left(1 + \frac{(\Delta''_+ - \Delta''_-) - (\Delta'_+ - \Delta'_-)}{2n}\right)$$

$$= 1{,}0_3 43\left(1 + \frac{+0{,}847 + 0{,}318}{180}\right),$$

$$K'' = 1{,}00690.$$

Berücksichtigen wir, dass bei Gasen die Grösse $(K - 1)$ dem Drucke direct proportional ist, und dass während des Versuches der Luftdruck $B = 764$ mm war, so ergibt sich die Dielectricitätsconstante des Aethylalkoholdampfes für 760 mm und 100° C.:

$K = 1{,}00686$ oder abgerundet $K = 1{,}0069$.

Eine „grosse" Versuchsreihe umfasste fünf abwechselnde Füllungen des Dampfcondensators mit: Luft—Dampf—Luft—Dampf—Luft. Die vier Differenzen der Capacitäten ergeben vier Werthe für die Dielectricitätsconstante, welche in den Columnen I, II, III, IV angegeben sind.

In der Tabelle bedeutet N die Ordnungsnummer der Versuchsreihe, und K den Mittelwerth der Dielectricitätsconstante für die Versuchstemperatur T.

Tabelle I.

Die Dielectricitätsconstanten der Dämpfe bei 760 mm.

N		T	I	II	III	IV	K
4	Benzol	100	1,0030	1,0028	1,0028	1,0026	1,0027
8	„	„	27	27	26	26	
7	„	„	28	27	—	—	
18	Toluol	126	1,0044	1,0043	—	—	1,0043
1	Aethyläther . .	100	1,0045	1,0044	1,0046	1,0046	1,0045
13	„ . .	„	43	42	46	45	
15	„ . .	„	45	44	46	—	
6	*Methylalkohol .	100	1,0056	1,0057	1,0057	1,0057	1,0057
5	„ .	„	58	57	—	—	
14	Aethylalkohol .	100	1,0069	1,0065	1,0067	1,0067	1,0065
2	„ .	„	62	59	—	—	
3	„ .	„	60	60	—	—	
11	„ .	„	69	69	—	—	
10	*Methylformiat .	100	1,0071	1,0068	1,0069	1,0069	1,0069
9	*Aethylformiat .	100	1,0083	1,0090	1,0083	1,0076	1,0083
12	*Methylacetat . .	100	1,0073	1,0072	—	—	1,0073
16	*Aethylpropionat	119	1,0151	1,0136	—	—	1,0140
17	„	122	146	127	—	—	

Für Aethyläther fand Klemenčič[1]) bei 0° C. und 760 mm $K = 1{,}0074$, während aus meinen Versuchen $K = 1{,}0061$ folgen würde.

Trotz aller Bemühungen gelang es mir nicht, die Dielectricitätsconstante des Wasserdampfes zu bestimmen, da in seiner Gegenwart die Quarzisolation des Dampfcondensators bei 125° C. versagte. Aus Vorversuchen, welche in einem Luftbade von über 160° C. ausgeführt waren, ergab sich für Wasserdampf $K = 1{,}001$; dieser Werth ist jedoch nur als Angabe der Grössenordnung aufzufassen.

§ 5. Ueber Messungen der Dielectricitätsconstanten von Dämpfen.

Die gewonnenen Erfahrungen über die ausgearbeitete Methode lassen sich in folgender Weise zusammenfassen:

a. Die angewandte Methode hat den Vortheil, frei von den Capacitäten und den Rückständen der Zuleitungen und der Wippe zu sein; mit den angewandten Hülfsmitteln gibt sie eine Genauigkeit der Einzelmessung von $\pm 0{,}0_3 1$.

b. Die kleinen Schwankungen der Capacität des Normalcondensators, welche von den Veränderungen der Zimmertemperatur herrühren, würden sich vermeiden lassen, wenn man den Normalcondensator im Dampfmantel, in welchem sich der Dampfcondensator befindet, aufstellt.

c. Um die störenden Einflüsse der Polarisation im Dampfcondensator zu vermeiden, würde man die Isolationsfüsschen, auf welchen die innere Belegung ruht, nicht auf die äussere Belegung, sondern auf Metallplättchen stützen, welche zur Erde abgeleitet sind: dann kann bei der Ladung keine Electricität von der äusseren Belegung auf die innere übergehen und die Polarisation ist ausgeschlossen.

d. Bei der Anwendung eines frei in die Atmosphäre mündenden Dampfcondensators kann die Dielectricitätsconstante des Dampfes mit einer Genauigkeit von $\pm 0{,}0_3 2$ bestimmt werden; diese Methode kann in den Fällen geboten sein, wo die Isolation aus irgend welchen Gründen nicht in dem heissen Dampfraum angebracht werden könnte und die

1) J. Klemenčič, l. c. p. 757.

mechanische Verbindung der beiden Condensatorbelegungen ausserhalb zu machen wäre. Ein geschlossener Condensator ist jedoch wegen geringerem Flüssigkeitsverbrauch und rascher Aufeinanderfolge der Messungen vorzuziehen; die Zuleitung zu der inneren Belegung kann durch ein Quarzfenster in die Hülle geführt werden.

e. Eine kleine Aenderung in der Wippe würde gestatten, die Messungen erheblich sicherer zu machen: bei der in Fig. 2 gegebenen Anordnung bleibt der Dampfcondensator dauernd in Verbindung mit dem Electrometer und beeinflusst seinen Ausschlag durch Leitung und Polarisation während der ganzen Zeit, bis sich das Electrometer einstellt (über 30 Sec.); dieser Einfluss kann dadurch vermindert werden, dass der Dampfcondensator sofort nach Beendigung der Entladung von dem Electrometer und dem Normalcondensator getrennt wird, was durch die Wippe selbst besorgt werden kann.

§ 6. Die Prüfung der Mossotti-Clausius'schen Theorie.

Auf Grundlage der Annahme Faraday's[1]), dass die Dielectrica aus kugelförmigen, sich nicht berührenden leitenden Körperchen bestehen, hat Mossotti[2]) die mathematische Theorie der dielectrischen Polarisation entwickelt; er behandelte die Frage in derselben Weise, wie Poisson den inducirten Magnetismus behandelt hatte und leitete daraus das allgemeine Verhalten der Dielectrica ab.

Unabhängig von Mossotti ist Clausius[3]) auf eine analoge Art der Behandlung der dielectrischen Polarisation gekommen. Bei der speciellen Annahme, dass die leitenden Molecüle kugelförmig sind und ihr Abstand gross ist gegenüber ihrem Durchmesser, fand er die einfache Beziehung, welche die relative Raumerfüllung g [d. h. das Verhältniss des von Molecülen des Körpers wirklich eingenommenen Volumens zu

1) M. Faraday, Exp. Res. **14**. Art. 1679.

2) F. O. Mossotti, Bibl. Univ. de Genève (Arch. des Sc. phys. et nat.) **6**. p. 193. 1847; Memoria di mat. e di fis. della Soc. Ital. d. Sc. residente in Modena **14**. (2) p. 49. 1850.

3) R. Clausius, Mechan. Wärmetheorie. Zweiter Theil; Mechan. Behandl. d. Electr. **3**. p. 94. Braunschweig 1879.

dem von dem ganzen Körper eingenommenen Volumen] und die Dielectricitätsconstante K des Körpers verbindet:

$$g = \frac{K - 1}{K + 2}, \tag{6}$$

$$K = \frac{1 + 2g}{1 - g}. \tag{7}$$

Die Dielectricitätsconstante des Körpers ist somit nur von seiner relativen Raumerfüllung bedingt.

In etwas abweichender Herleitung finden sich diese Sätze bei G. Wiedemann[1]) und Poincaré.[2])

Mascart und Joubert[3]) behandeln die Frage, indem sie die kugelförmigen Molecüle zunächst als nichtleitende Körper von grosser Dielectricitätsconstante auffassen; für den Grenzfall, dass die Molecüle nichtleitend sind und eine ausserordentlich hohe Dielectricitätsconstante haben (oder dass sie leitend sind) ergeben sich die Beziehungen (6) und (7).

Bildet man aus (6) den Ausdruck:

$$\frac{d}{g} = \frac{K + 2}{K - 1} \cdot d = D = \text{Const.}, \tag{8}$$

worin d die Dichtigkeit des Körpers bedeutet, bei welcher seine Dielectricitätsconstante gleich K ist, so ist das Verhältniss (d/g) für denselben Stoff eine Constante und D ist die „Maximaldichte“ des Körpers oder die Dichte seiner Molecüle. Diese Beziehung (8) wurde von Lorentz[4]) angegeben und von Negreano[5]) als empirische Formel vorgeschlagen.

Setzen wir nach Maxwell $K = n^2$ (worin n der Brechungsexponent für unendlich lange Wellen ist, und bilden den reciproken Werth von (8), so erhalten wir die Formeln von Lorentz[6]) und Lorenz.[7])

Die Beziehung (8) kann nur eine angenäherte sein, da die Voraussetzung, dass die Molecüle kugelförmig sind, in Wirk-

1) G. Wiedemann, Lehre von der Electr. **2.** p. 12. 1883.

2) H. Poincaré, Electricité et optique **1.** p. 41. Paris 1890.

3) E. Mascart et J. Joubert, L'électr. et le magnet. **1.** Art. 167. Paris 1886.

4) H. Lorentz, Wied. Ann. **9.** p. 642. 1880.

5) Negreano, Compt. rend. **104.** p. 425. 1887; Journ. de phys. (2) **6.** p. 569. 1887; Beibl. **11.** p. 463. 1887.

6) H. Lorentz, l. c. p. 654.

7) L. Lorenz, Wied. Ann. **11.** p. 77. 1880 u. **20.** p. 19. 1883.

lichkeit nicht zutrifft; eine Umformung, welche dieser Voraussetzung Rechnung tragen würde und den Zusammenhang der Dielectricitätsconstante des Körpers mit seiner Dichtigkeit allgemein ergäbe, lässt sich vorderhand noch nicht aufstellen, da über die Form der Molecüle nichts bekannt ist.

Die nachfolgende Prüfung der Beziehung (8) ist durchgeführt für:

1) Dichtigkeitsänderungen durch Druck,
2) „ „ „ Wärmeausdehnung,
3) „ „ „ Aggregatzustandsänderung,
4) die Beziehung zu den Resultaten der Gastheorie.

Es sei hier besonders hervorgehoben, dass die Beziehung (8), wie die Beobachtungen zeigen, auch für flüssige Körper angenähert gilt, obgleich die Voraussetzung der Rechnung, dass die Entfernung der Molecüle gross sei gegenüber ihrem Durchmesser, nicht erfüllt ist.

Die angeführten Dichtigkeiten d sind auf Wasser bei 4° C. bezogen und mittelst der bekannten Ausdehnungscoëfficienten γ auf die Temperatur reducirt, bei welcher die Dielectricitätsconstante K beobachtet wurde. Die Grössen d und γ, soweit sie nicht bei den Beobachtern angegeben sind, wurden den Tabellen von Landolt und Börnstein (Berlin 1883) entnommen.

1) Wirkung des Druckes.

Für Gase und Dämpfe, deren Dielectricitätsconstante sich wenig von 1 unterscheidet, lässt sich die Gl. (8) schreiben:

$$(9) \qquad (K-1) = \frac{3}{D} d,$$

d. h. für Gase und Dämpfe ist die Grösse $(K-1)$ der Dichtigkeit oder, bei constanter Temperatur, dem Drucke direct proportional.[1])

Dieses Gesetz wurde von Boltzmann[2]) gefunden und von Klemenčič[3]) bestätigt.

2) Wärmeausdehnung.

Ist die Constante D bei irgend einer Dichte des Körpers ermittelt, so lässt sich die Dielectricitätsconstante K für

1) Vgl. Adler, Wien. Anzeiger (2) **27.** p. 277. 1890.
2) L. Boltzmann, l. c. p. 807.
3) J. Klemenčič, l. c. p. 736.

eine gegebene Dichte d berechnen, indem wir (8) nach K auflösen:

$$K = \frac{D + 2d}{D - d}. \tag{10}$$

Die Tabelle II enthält für einige Flüssigkeiten die bei mehreren Temperaturen beobachteten d und K. Aus einem Paar von Werthen ist D berechnet und daraus dann K für die anderen Temperaturen berechnet.

Tabelle II.

	T	d	D	K ber.	K beob.	
Benzol	17,3°	0,883	2,866	—	2,336	Palaz[1])
„	47,3	0,841	—	2,246	2,243	„
Toluol	17,2	0,867	2,772	—	2,365	„
„	47,2	0,838	—	2,300	2,255	„
Vaselinöl . .	17,1	0,880	3,094	—	2,192	Fuchs[2])
„ . .	57,9	0,849	—	2,135	2,141	„
Alkohol . . .	25	0,8009	0,8982	—	25,7	Rosa[3])
„ . . .	10	0,8129	—	29,6	27,5	„
Wasser . . .	25	0,9971	1,0371	—	75,7	„
„ . . .	31	0,9954	—	72,6	73,7	„
„ . . .	17	0,9988	—	79,2	78,7	„
„ . . .	10	0,9997	—	81,2	80,2	„
„ . . .	4	1,0000	—	81,8	82,3	„

Die Uebereinstimmung der beobachteten und berechneten Werthe ist unerwartet gut. Die grösseren Abweichungen beim Alkohol lassen sich auf beträchtliche Schwankungen des beobachteten Werthes zurückführen. Es sei noch besonders darauf hingewiesen, dass bei den ersten drei Flüssigkeiten erheblichen Dichtigkeitsänderungen nur geringe Aenderungen der Dielectricitätsconstante entsprechen, während bei Alkohol und Wasser der Verlauf ein ganz anderer ist im Einklang mit der Rechnung.

Ueber die Abhängigkeit der Dielectricitätsconstante von der Temperatur liegt noch eine Untersuchung von Cassie[4]) vor: da jedoch die meisten untersuchten Körper chemisch

1) A. Palaz, Capac. induct. spec. de quelques diél. Inauguraldiss. Lausanne 1886; Journ. de phys. (2) **5.** p. 370. 1885; Beibl. **11.** p. 259. 1887.

2) V. Fuchs, Wien. Ber. (2) **98.** p. 1240. 1889.

3) E. Rosa, Phil. Mag. (5) **31.** p 188. 1891. Die angeführten Werthe sind den Tafeln entnommen. Der Alkohol ist offenbar nicht wasserfrei.

4) W. Cassie, Phil. Trans. **181.** p. 1. 1890; Proc. Roy. Soc. **46.** p. 357. 1889, Beibl. **14.** p. 132. 1890.

undefinirbare waren und da nur die Aenderungen der Dielectricitätsconstante angegeben sind, können diese Messungen hier nicht verwendet werden. Das gleiche gilt auch für die Versuche von Hopkinson.[1])

3) Aggregatzustandsänderungen.

Für Dämpfe wollen wir die Grösse $(K-1)$ nach der Formel (9) berechnen und die Constante D aus den Daten für den flüssigen Zustand entnehmen.

In der Tabelle III beziehen sich T' K', d' und D auf den flüssigen und T, d und $(K-1)$ auf den dampfförmigen Zustand bei 760 mm Druck.

Tabelle III.

	T'	K	d'	D	T	d	$(K-1)$ ber.	$(K-1)$ beob.	
Wasser	14	83,7 [4])	0,999	1,04	170	0,0005	0,0014	(0,001)	Lebedew [2])
Methylalkohol . . .	„	32,7	0,800	0,88	100	0,0010	34	0,0057	„
Aethylalkohol . . .	„	27,0	0,798	0,89	„	15	51	65	„
Methylformiat . .	„	9,0	0,980	1,31	„	20	46	69	„
Aethylformiat . .	„	9,1	0,916	1,26	„	24	57	83	„
Methylacetat . . .	„	7,7	0,932	1,35	„	24	53	73	„
Aethylpropionat .	„	6,0	0,908	1,45	120	32	66	(0,0140)	„
Aethyläther	7	4,76 [5])	0,740	1,33	100	24	54	0,0045	„
„	—	—	—	—	0	33	74	74	Klemenčič [3])
Schwefelkohlenst.	7	2,71	1,283	3,53	0	34	29	29	„
Toluol	17	2,36 [6])	0,867	2,77	126	29	31	43	Lebedew
Benzol	17	2,34	0,883	2,87	100	0,0025	0,0026	0,0027	„

In der Reihenfolge wenigstens stimmt die Rechnung mit der Beobachtung überein; eine bessere Uebereinstimmung ist nicht zu erwarten, da die Voraussetzungen von Clausius für den flüssigen Zustand nicht erfüllt sind. Die Rechnung zeigt in Uebereinstimmung mit der Erfahrung, dass Körper, deren Dielectricitätsconstanten im flüssigen Zustande sehr gross sind, im gasförmigen Zustande oft Werthe von $(K-1)$ besitzen, welche kleiner sind als die entsprechenden Werthe derjenigen

1) Hopkinson, Wied. Electr. 2. p. 42. 1883.
2) Siehe Tabelle I.
3) J. Klemenčič, l. c. p. 754.
4) S. Tereschin, Wied. Ann. 34. p. 799. 1889.
5) G. Quincke, Wied. Ann. 19. p. 725. 1883; Wied. Electr. 4. p. 1270. 1885.
6) Siehe Tabelle II.

Körper, welche im flüssigen Zustande geringere Dielectricitätsconstanten haben.

Die sehr grosse Abweichung bei Aethylpropionat kann durch die ungenaue Messung von $(K-1)$ bedingt sein.

4) **Beziehungen zu den gastheoretischen Betrachtungen.**

Den Werth der Raumerfüllung g der Gase und Dämpfe können wir aus ihren Dielectricitätsconstanten K ermitteln, indem wir die Gl. (6) vereinfacht hinreichend genau schreiben:

$$g = \frac{K-1}{3}. \tag{11}$$

Andererseits ergibt sich der Werth der Raumerfüllung g auch aus der Zustandsgleichung von Van der Waals[1]) (darin ist $g = b/4$).

In der Tabelle IV sind die Werthe der Raumerfüllung $g \cdot 10^5$ für 760 mm und 0° C. angegeben.

Tabelle IV.

	$g = \frac{b}{4}$	$g = \frac{K-1}{3}$		
	V. d. Waals	Boltzmann	Klemenčič	Lebedew
Stickoxydul . . .	48	33	39	—
Kohlensäure . . .	50	32	33	—
Aethylen	56	44	55	—
Chloräthyl	97	—	517	—
Schwefelkohlenstoff	82	—	97	—
Schwefl. Säure . .	62	—	318	—
Aether	144	—	248	203
Alkohol	93	—	—	297
Benzol	128	—	—	123

Es ist ein bemerkenswerthes Resultat, dass die Grössenordnung der Raumerfüllung nach beiden Theorieen die nämliche ist.

Weitere Anwendungen der Formel (6) auf die Molecularphysik finden sich in den Abhandlungen von Dorn[2]) und von F. Exner[3]); auch dort ist die Uebereinstimmung der Re-

1) J. van der Waals, Continuität des flüssigen und gasförmigen Zustandes. Deutsch von Roth. Leipzig 1881. p. 136.

2) E. Dorn, Wied. Ann. **13.** p. 378. 1881.

3) F. Exner, Wien. Ber. (2) **91.** p. 850. 1885; Exn. Rep. **21.** p. 446. 1885; Beibl. **9.** p. 714. 1885; Journ. de Phys. (2) **5.** p. 240. 1885.

sultate mit den auf anderen Wegen gefundenen eine befriedigende.

Die Ergebnisse der durchgeführten Prüfung der Mossotti-Clausius'schen Theorie der Dielectrica lassen sich in folgender Weise zusammenfassen:

a. Die Annahme Faraday's, dass die Molecüle electrisch leitende Körper sind, oder die von Mascart und Joubert, dass die Molecüle eine ausserordentlich hohe Dielectricitätsconstante besitzen, führen zu keinem Widerspruch mit den beobachteten Thatsachen und erklären diese in einfacher, ungezwungener Weise.

b. Die Beziehung (8) kann mit Vortheil als empirische Formel angewandt werden, welche die Dichte des Körpers und seine Dielectricitätsconstante verbindet.

Eine weitere Entwickelung der Beziehung zwischen der Raumerfüllung und der Dielectricitätsconstante der Körper ist an die Kenntniss der Form der Molecüle gebunden und kann jetzt noch nicht gegeben werden.

Physik. Inst. der Univ. Strassburg i. E., im Mai 1891.

VITA.

Ich Peter Lebedew, Sohn des verstorbenen Kaufmanns N. W. Lewedew, wurde den 8. März 1866 in Moskau geboren. Meine Schulbildung erhielt ich auf der Evangelischen Petri-Paul-Kirchenschule und auf der Realschule von Chainowsky daselbst. Vom September 1884 bis März 1887 besuchte ich die Moskauer Technische Hochschule.

Um mich dem Studium der Physik zu widmen, studirte ich von October 1887 bis August 1889 in Strassburg, im Wintersemester 1889/90 in Berlin und seit Ostern 1890 bis Juli 1891 wieder in Strassburg.

Während meiner Studienzeit habe ich bei folgenden Herrn Professoren und Docenten Vorlesungen gehört:

a) in Moskau:
Davidowski, Michalewski, Schaposchnikow, Scheglajew, Schukowski, Sluginow.

b) in Strassburg und Berlin:
Christoffel, Cohn, Fittig, Hallwachs, v. Helmholtz, Kohlrausch, Krazer, Kundt, Maurer, Reye, Schering, Stenger, Wiener, Zeller.

Allen diesen Herren meinen verehrten Lehrern spreche ich meinen besten Dank aus.